

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-079723

(43)Date of publication of application : 24.03.1998

(51)Int.Cl.

H04J 14/00
H04J 14/02
H01S 3/133
H04B 10/08
H04B 10/14
H04B 10/06
H04B 10/04

(21)Application number : 09-186204

(71)Applicant : NORTHERN TELECOM LTD

(22)Date of filing : 11.07.1997

(72)Inventor : VILLENEUVE BERNARD
KIM HYUNG B

(30)Priority

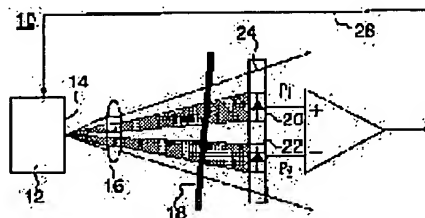
Priority number : 96 680284 Priority date : 11.07.1996 Priority country : US

(54) WAVELENGTH MONITOR CONTROLLER FOR WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEX OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small sized wavelength monitor controller which is integrated in a small sized semiconductor laser package preferably and applicable to a wavelength division multiplex optical transmission system.

SOLUTION: A non-collimate light emitted from a laser emission/divergence source 12 transmits through a filter element 18 and directed to two photodetectors 20, 22 located apart closely. In order to make the wavelength stable, different outputs from the two photodetectors 20, 22 are used for a feedback loop to make the wavelength of the laser emission divergence source 12 stable to a desired object wavelength. Since a wavelength transmission rate of a Fabry-Perot etalon depends on an



incident angle of an incident beam, various wavelength bands emitted from the laser stimulation divergence source 12 are converted into different transmission losses to the two photodetectors 20, 22 and then a wavelength change is detected as a different power change.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

10-079723

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the wavelength monitor and control equipment to the optical system equipped with the emitter of the laser beam to emit. This equipment The 1st and 2nd photodetectors which only predetermined distance separated mutually and were arranged in the place of predetermined distance from said emitter, A wavelength selection transparency filter element with the narrow transparency bandwidth of the Fabry Perot structure which inclined at the include angle θ to the optical axis of said emitter in order to be arranged between said emitters and said detectors and to offer the angular dependence of the wavelength transmission of a filter, Wavelength monitor and control equipment characterized by providing the control loop for feeding back the difference signal generated by the control means of this emitter based on said 1st and 2nd photodetectors corresponding to wavelength change of said emitter.

[Claim 2] Wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by providing the lens for controlling divergence of said laser emitter between said emitters and said transparency filter elements.

[Claim 3] Said laser emitter is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by being made of the semiconductor laser contained in the package, and said wavelength supervisory equipment being contained in the same package as said package, and having become integrated equipment.

[Claim 4] Said laser emitter is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by consisting of outgoing end sides of semiconductor laser.

[Claim 5] Said laser light source is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by including the single mode fiber by which cleavage was carried out.

[Claim 6] Said laser light source is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by including the single mode fiber toward which the end face inclined.

[Claim 7] θ is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by adjustment having become possible in order to perform wavelength control whenever [tilt-angle / of the etalon to said emitter].

[Claim 8] Said photodetector is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by being the photodiode which makes an equivalent pair.

[Claim 9] Each gain of said two photodetectors is wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by predetermined wavelength being selectable by being able to adjust independently and setting up the gain which is not equal to these two photodetectors.

[Claim 10] Wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by the ability of the point stabilized simultaneously to attain now to two or more predetermined wavelength decided by wavelength spacing of two or more transparency peaks by which the Fabry Perot filter is characterized.

[Claim 11] It is the wavelength monitor and control equipment for stabilizing the wavelength of a laser emitter. This equipment Between the 1st and 2nd photodetectors which have a package, and a

predetermined diameter and isolation distance, and were arranged on the same flat surface in the place of predetermined distance from said laser emitter to emit, and said emitter and said detector pair A wavelength selection transparency filter with the narrow transparency bandwidth of the Fabry Perot structure which it is inclined and arranged at an include angle θ to the optical axis of said emitter, and the transparency reinforcement of a filter concentrates on the wavelength of a request of said laser emitter by it depending on wavelength, In order to supply a signal through the feedback loop which controls the wavelength of a laser emitter A means to generate the difference signal for which it depends on change of the wavelength penetrated with said wavelength selection filter based on said 1st and 2nd photodetectors, It is the wavelength monitor and control equipment which possesses and is characterized by accumulating said 1st and 2nd photodetectors, said wavelength selection transparency filter, and said difference signal generation means into said package.

[Claim 12] It is the wavelength monitor and control equipment according to claim 1 characterized by adjustment having become possible in order said filter is made of the Fabry-Perot etalon and to adjust θ to predetermined wavelength whenever [to said emitter of this etalon / tilt-angle].

[Claim 13] Wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by providing the lens for controlling divergence of said laser emitter.

[Claim 14] Said laser emitter is wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by consisting of outgoing end sides of semiconductor laser.

[Claim 15] Said laser light source is wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by including the single mode fiber by which cleavage was carried out.

[Claim 16] Said laser light source is wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by including the single mode fiber toward which the end face inclined.

[Claim 17] Said photodetector is wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by being the photodiode which makes an equivalent pair.

[Claim 18] Each gain of said two photodetectors is wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by predetermined wavelength being selectable by being able to adjust independently and setting up the gain which is not equal to these two photodetectors.

[Claim 19] Wavelength monitor and control equipment according to claim 11 characterized by the ability of the point stabilized simultaneously to attain now to two or more predetermined wavelength decided by wavelength spacing of two or more transparency peaks by which the Fabry Perot filter is characterized.

[Translation done.]

JP10-079723

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the wavelength supervisory equipment which supplies the control signal for stabilizing the wavelength of the source of laser, and the wavelength division multiplex lightwave transmission system which comes to apply it.

[0002]

[Description of the Prior Art]. The fiber-optics-communication system has the capacity to convey the information very on the large capacity in low loss. By using different subcarrier length, as the bandwidth of an optical fiber transmits many different channels to coincidence, it may actually be used. Such a technique is called a wavelength division multiplex (it is hereafter written as WDM). In a WDM system with a narrow band, in order to increase fiber transmission capacity, it is used for spacing by 8, 16, or mutually different wavelength beyond it that approached, opening.

[0003] It depends for the wavelength bandwidth which each channel occupies on the number of the factors containing the margin for being adapted for the bandwidth of transmission information, and the drift of a carrier frequency and the uncertainty of a carrier frequency, and the margin for reducing the cross talk (crosstalk) between the channels which an nonideal, i.e., are actual, filter produces owing to as much as possible.

[0004] In order to maximize the number of channels, it is necessary to use much wavelength with narrow wavelength spacing, and, for that purpose, the laser whose oscillation wavelength was stable, and suitable wavelength control are required.

[0005] Some sources of laser, such as distribution feedback mold (DFB) semiconductor laser, show the wavelength drift which exceeds the tolerance to Narrow-band WDM with the passage of time. The wavelength of the device tends to deteriorate and change in the continuous output state. In a remote communications system, in order to control the cross talk between the channels which approached until it resulted in the life since the life of order 25 years was expected to the minimum, it is necessary to add a wavelength control means to a laser transmitter.

[0006] The optical transmission system by single wavelength is used widely industrially. Ideally, a system designer is going to divert the existing package in development of a WDM system while stopping the design change of the existing system to the minimum.

[0007] Typically, the well-known laser wavelength monitor stabilization system serves as a unit which carries out external to the standard package (transmitter) of the source of laser. An available system is equipment based on a crystal lattice commercially [in order to perform the monitor and control of the wavelength of semiconductor laser]. For example, the wavelength fixed unit is used in the well-known system which was produced by Accuwave and indicated by the reference about the manufacture. Two Bragg grids are formed and the wavelength fixed unit has the lithium-niobate crystal when it was made to irradiate by the collimation light by which outgoing radiation was carried out from the source of laser combined with the equipment concerned, and two photodetectors.

[0008] Each BURAGGU grids differ in the Bragg wavelength and an include angle slightly to the input

beam. As for the output reflected with the grid, feedback control to laser is performed toward two detectors using the different output. By having used the control loop, the wavelength stability superior to 10pm may be acquired. However, since the wavelength fixed unit is using the unit separated from the transmitter, it is necessary to connect it to laser or the light source externally. Furthermore, since a property is decided by the lattice parameter, the wavelength fixed unit is designed for [specific] wavelength. That is, a different unit is needed if wavelength differs.

[0009] Another type of the well-known wavelength monitor and control equipment is based on a fiber grid. For example, the British patent application 96th for which Epworth and others applied as of March 4, 1996 / No. 00478 are the proposals about the external resonator mold laser from which it was made for external reflection to take place to the front face on which the acid-resisting coat of semiconductor laser was carried out by the Bragg reflection section in the optical fiber by which end-face junction was carried out.

[0010] Laser comes to operate by the multimode which a grid serves as spacing which the longitudinal mode approached extremely since it fully separated and had been arranged from laser, and consists of many modes to the extent that mode partition noise can be disregarded. The British patent application 95th for which Epworth and others applied as of September 26, 1995 / No. 19614.3 are the proposals using the fiber grid by which the char ping was carried out to equalization and stabilization of the oscillation frequency of laser.

[0011] Production of fiber grid equipment is complicated. A fiber grid as well as the crystal lattice mentioned above is produced so that it may be in agreement with the specific wavelength of a transmitter. So, equipment becomes specific wavelength.

[0012] Another stabilization system of semiconductor laser is explained to U.S. Pat. No. 4309671 using the equivalent photodiode of a pair and two beam splitters by Malyon. It is used for the 1st beam splitter and 1st photodiode supervising output power, and the 2nd beam splitter, frequency dependence filter, and 2nd photodiode supervising wavelength change. The output of an equivalent photodiode is sent to the differential amplifier through amplifier, and negative feedback of it is carried out and it is supplied to the amplifier with which the output of the differential amplifier controls actuation of laser.

[0013] Other well-known systems are based on a filter element like a Fabry-Perot etalon. For example, U.S. Pat. No. 5331651 by Becker and others has proposed using a Fabry-Perot etalon, in order to tune finely with the grid for performing the coarse control of a laser output.

[0014] In the system explained to U.S. Pat. No. 5438579 by Eda and others, the Fabry-Perot etalon is used with the single photodetector which generates the signal used for fixing to one peak of semiconductor laser, and the collimation beam is needed. Hill and others is explaining the system which refers to the frequency of the light emitted from two or more light sources to a reference beam in U.S. Pat. No. 4839614 using a filter element like a Fabry-Perot etalon, and a corresponding number of detectors.

[0015] another system to stabilization of the oscillation wavelength of laser -- the output of the laser of various wavelength -- a spectrum -- while processing, spatial distribution is measured using an image processing system, and it is explained to U.S. Pat. No. 4914662 by Nakatani and others it was made to compare the distribution to distribution of the reference source of fixed wavelength after an appropriate time. The image processing system used here is complicated, and does not turn to cheap and small equipment.

[0016] Japanese Patent Application No. No. 157780 [four to] is invention about the frequency stabilization equipment for semiconductor laser, and the invention uses two photodetectors which detect the inclined Fabry-Perot etalon which the source of laser accompanies, and a sending signal and a reflective signal, respectively not using the external modulation means. The signal which controls an oscillation frequency is acquired from the difference of the output of these two detectors. The die length of a resonator changes by changing the inclination of the etalon with which the tilt angle has adjustable for adjustment.

[0017] In order to carry out this system in the minimum magnitude, it is necessary to use a Fabry-Perot etalon with a comparatively big tilt angle but, and if it does so, stability will become low in respect of

main wavelength and bandwidth. On the other hand, if the tilt angle of a Fabry-Perot etalon is made small, it will be necessary to add other components and will become large as shown in drawing 1 B of the drawing attached to the specification of Japanese Patent Application No. No. 157780 [four to]. Moreover, the independent detector which has the property of a different response and degradation with the passage of time is used.

[0018]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, the equipment based on a crystal lattice, a fiber grid, or an etalon is used for the various existing wavelength stabilization systems. The equipment using a grid does not have the enough controllability of wavelength, and the comparatively big external control unit is used for many systems to the package of the source of laser, and they have a problem in respect of both power consumption and magnitude. On the other hand, although the system using an etalon has a good wavelength controllability, since it is not small enough, no well-known gestalten can be attached in a well-known standard package, without carrying out a design change.

[0019] This invention aims at offering the wavelength monitor and control equipment applicable to a WDM lightwave transmission system while it is accumulable into the small wavelength monitor and control equipment and a desirable small semiconductor laser package.

[0020]

[Means for Solving the Problem] The 1st and 2nd photodetectors which it is the wavelength monitor and control equipment to the optical system which was equipped with the emitter of the laser beam to emit according to one of this inventions, and only predetermined distance separated mutually, and were arranged in the place of predetermined distance from said emitter, A wavelength selection transparency filter element with the narrow transparency bandwidth of the Fabry Perot structure which inclined at the include angle θ to the optical axis of said emitter in order to be arranged between said emitters and said detectors and to offer the angular dependence of the wavelength transmission of a filter, The wavelength monitor and control equipment possessing the control loop for feeding back the difference signal generated by the control means of this emitter based on said 1st and 2nd photodetectors corresponding to wavelength change of said emitter is offered.

[0021] Therefore, the simple and small wavelength monitor and control equipment for laser emitters is offered. Through a filter with the inclined narrow transparency bandwidth, a photodetector is irradiated as it is also at the beam which emits slightly. Therefore, the various wavelength of a laser emitter is changed into change of a different photocurrent in two photodetectors. The wavelength of an input beam is supervised by relative response. The output signal with which two detectors differ is used for the feedback loop for making desired target wavelength stabilize the wavelength of an emitter. That is, the drift of wavelength is corrected by the temperature change of an active region, i.e., current change, through the signal returned to laser (transmitter).

[0022] In order to supply the control signal for stabilization of wavelength, in case this equipment makes it possible to perform an exact optical wavelength monitor, for example, is used for a WDM optical transmission system, it can be maintained within limited limits required to reduce a cross talk for the wavelength of laser. Moreover, there is an advantage that fluctuation of output power is controlled by the difference signal.

[0023] It is required that the wavelength selection transparency filter element with narrow transparency bandwidth should be Fabry Perot structure. It is good in it being the photodiode which makes a pair with a photodetector it is desirable and equivalent. When the wavelength transmission of a Fabry-Perot etalon is dependent on whenever [incident angle / of an incident beam], the various wavelength emitted from the emitter is changed into transmission loss, and wavelength change is detected as power change. Therefore, this device functions as a light wave length discriminator from which a detector transforms light energy into the current supplied to the feedback loop for controlling the light source. In order to stabilize wavelength, the output from which two photodetectors differ is used for the feedback loop for making desired target wavelength stabilize the wavelength of the source of laser.

[0024] As an advantage, in order to adjust predetermined wavelength, adjustment of the tilt angle of a filter is attained. A wavelength selection filter element is a Fabry-Perot etalon, and since that

transparency property is dependent on the include angle of the etalon to an incident beam, this equipment adjusts wavelength by adjusting the include angle of an etalon. Moreover, as opposed to two or more wavelength, two or more transparency peaks of an etalon of 4nm spacing can be used. That is, the point stabilized to coincidence is attained to two or more predetermined wavelength decided by wavelength spacing of two or more transparency peaks by which the Fabry Perot filter is characterized. [0025] As compared with production of the fiber grid system for stabilizing wavelength, that production is easy for this equipment. This approach makes the step of frequency modulation and a recovery unnecessary while offering the discrimination approach without a jitter.

[0026] It is the photodiode which makes a pair with a photodetector equivalent to it being convenient. Predetermined wavelength may be chosen, when it can adjust and each gain of two photodetectors sets up independently the gain which is not equal to these two photodetectors.

[0027] In addition, in order to control emission of a laser emitter, the lens is prepared between the emitter and the transparency filter element. Emission of a beam is controlled in order to optimize detection of the engine performance and power. If spot size is more large, in order that power may transmit more efficiently, it becomes a more ideal filter configuration and is desirable.

[0028] A laser emitter may be the outgoing end side of semiconductor laser, or may be the single mode fiber toward which cleavage or an end face inclined.

[0029] When the laser emitter is made to it being convenient in the semiconductor laser contained in the package, wavelength supervisory equipment is contained in the same package as said package, and is integrated equipment. Although it is also possible to use this equipment as external associated equipment, in order to avoid a polarization dependency, ideally, the fiber or coupler holding a polarization condition is needed.

[0030] According to other one of this inventions, it is the wavelength monitor and control equipment for stabilizing the wavelength of a laser emitter. Therefore, a package, Between the 1st and 2nd photodetectors which have the predetermined diameter and the isolation distance which it comes to accumulate into the package, and were arranged on the same flat surface in the place of predetermined distance from said laser emitter to emit, and said emitter and said detector pair A wavelength selection transparency filter with the narrow transparency bandwidth of the Fabry Perot structure which it is inclined and arranged at an include angle θ to the optical axis of said emitter, and the transparency reinforcement of a filter concentrates on the wavelength of a request of said laser emitter by it depending on wavelength, In order to supply a signal through the feedback loop which controls the wavelength of a laser emitter, based on said 1st and 2nd photodetectors, the wavelength monitor and control equipment possessing a means to generate the difference signal depending on change of the wavelength penetrated with said wavelength selection filter is offered.

[0031] Since supervisory equipment is simple and small, there is a serious advantage of being contained with the existing transmitter module of laser, i.e., the source in a standard laser package, in a package with this equipment common together. It is very effective in applying in order to use it, this not needing a new tooth space as an additional component for WDM, and suppressing the design change of the existing system to the minimum so that the existing transmitter module may be used to the transmission system of single wavelength.

[0032] In order to fulfill the life demanded from a WDM system, the prolonged dependability of this equipment is expected.

[0033]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of the operation which relates to the wavelength monitor and control equipment for wavelength division multiplex lightwave transmission systems concerning this invention hereafter is explained to a detail with reference to a drawing.

[0034] Some wavelength supervisory equipment 10 by the 1st operation gestalt of this invention is shown in drawing 1. The wavelength supervisory equipment is equipped with the semiconductor laser end face 14 of a DFB laser, or the outgoing end side of a single mode fiber (SMF) so that it may be shown in the source 12 of laser emission emission, i.e., drawing. An optical lens 16 is for controlling emission of the output light of the source of laser, and the output light of the source of laser is made to

turn it to the wavelength selection transparency filter element 18 which passes a narrow band through the lens.

[0035] The filter element is good preferably in it being the Fabry-Perot (it being hereafter written as FP) resonator of the structure of coming to insert a spacer layer between the high reflecting layers of the pair which counters. The resonator is constituted as a single resonator filter type of the multilayers which the structure of insulating mirror / spacer / mirror comes to deposit for example, on a glass substrate. Or the solid etalon type which a mirror comes to deposit on both sides of a glass spacer plate is used.

[0036] it has a specific diameter, and only predetermined distance is detached, and it comes to arrange the emission light which penetrated the filter element 18 on the same flat surface -- it is similarly turned to the 1st photodetector (P1) 20 and the 2nd photodetector (P2) 22 of a configuration. These photodetectors (P1 and P2) 20 and 22 are being fixed to the common support 24 by which only predetermined distance was separated from FP etalon as roughly shown in drawing 1.

[0037] Since the wavelength of the light source determines the amount of beams which penetrates FP filter, it depends for the signal received with each detectors 20 and 22 on the wavelength of the light emitted from the light source. Therefore, the transparency reinforcement of the light of the various wavelength emitted from the light source changes with the dependency of the wavelength permeability of a Fabry-Perot etalon, and change of wavelength is detected by two photodetectors as power change. The signal outputted from two photodetectors is used for generating the difference signal supplied to the feedback loop 28 for controlling the output wavelength of the source of laser in the differential amplifier 26.

[0038] on predetermined selection wavelength, the transmission reinforcement detected by both photodetectors is the same, and is made -- the predetermined wavelength, i.e., fixed wavelength, -- a difference signal -- zero -- it is set like. It is a photodetector P1 and P2 that fixed wavelength is also at an equivalence stable state (with equivalent stability). It may be set to a value to spread and which twists and is different using gain, such as receiving. When the wavelength of the source of laser changes, depending on wavelength, the difference signal generated by the photodetector whose number is two, i.e., an error signal, is used for the wavelength monitor of the light source. So, this device functions as a light wave length discriminator from which a photodetector transforms light energy into the current supplied to the feedback loop for controlling the source of laser.

[0039] The outline of the difference signal generated by the transmission curve and two detectors is shown in drawing 2 and drawing 3, respectively. Drawing 2 expresses the curve of the transmission reinforcement of two detectors, T is the transmission reinforcement from the light source to a detector, and it is T1. And T2 Wavelength λ_1 and λ_2 Each detector P1 which sometimes becomes with maximum transmission on-the-strength T1M and T2M And P2 The receiving transmission curve is expressed. Drawing 3 expresses the difference signal based on each transmission reinforcement of two detectors. At desired fixed wavelength, it is fixed-point λ_R . Inclination SR of the difference signal which can be set It is expressed like a degree type.

[0040] $SR = \Delta(T_1 - T_2) / \Delta\lambda$ [0041] And it is λ_1 when controlling, for example using the gain which is not equal as for two photodetectors. λ_2 The field approximated to the linearity of a between serves as a scope of control.

[0042] The parameter of a configuration with the coordinate over the equipment which has the photodetector which makes sources of emission light emission, such as a single mode fiber, a lens, a filter, and a pair, and some relation to drawing 4 is shown. The outline of an example of the equipment set up to wavelength stabilization of a DFB laser and a testing device is shown in drawing 5 including the control loop.

[0043] In drawing 5, the wavelength stabilizer is equipped with the lens 116, the FP etalon 118, and PIN diode 120,122 of a pair, and is contained in the single packages 128, such as standard 14 pin package, with the source 112 of a DFB laser. an equivalent diode pair -- 120,122 is located on the same flat surface, on common support 124, approaches mutually and is laid. The signal outputted from two diodes is sent to the differential amplifier 130, in order to generate the difference signal fed back to the laser controller for controlling the output wavelength of laser.

[0044] Other components shown in drawing 5 contain the testing device used for designing the prototype of the optimal configuration. Preferably, the mount 117 for lens 116 and the mount 119 for FP etalon 118 can be adjusted. Tilt angle θ_x of FP etalon By changing, target wavelength can be adjusted so that it may explain below.

[0045] As shown in drawing 4, generally the source 13 of emission has the gauss pattern of the shape of an ellipse (in the case of laser), and a circle configuration (in the case of a single mode fiber).

[0046] A Fabry-Perot etalon is thickness t , a refractive index n , reflection-coefficient-of-sound-energy-intensity R , and fixed wavelength λ_R as which internal transmittance A and FP is designed and required. It has the parameter of tilt-angle θ_{yFP} to the y-axis which is decided by selection and which is suitably chosen so that it may become 0 degree at tilt-angle θ_{xFP} and the list to a x axis. Two detectors are in the location of $y_1=0$ of the y-axis on the title which it comes to choose suitably, and $y_2=0$.

[0047] Parameters, such as other dimensions, are chosen according to these parameters and a desired specification, i.e., the transmission curve needed.

[0048] These parameters include the radius r of a photodetector, the location z_0 on those z-axes, and the locations x_1 and x_2 on a x axis in the location z_{FP} and list on tilt-angle θ_{xL} of a lens to the focal distance f of a lens, the location S_1 of the direction of the z-axis, and a x axis, tilt-angle θ_{yL} of a lens to the y-axis, and the z-axis of an etalon, when a detector is a circle configuration.

[0049] the diameter of each detector -- respectively -- d_1 and d_2 it is -- the detector which makes the pair is located on the same flat surface, and only distance D is detached and those cores are arranged from the light source at the place of distance l . FP filter inclines at an angle of θ from the normal to the flat surface of two detectors.

[0050] The location of the direction of the z-axis of a detector is included in the factor which affects the property of this equipment at change of the refractive index by the tilt angle in the x axis and the y-axis of FP etalon, and the temperature of FP, the x axis of a detector and the amount of gaps with the y-axis, the location of a lens and an inclination, and a list. T is the transmission reinforcement from the light source to a detector, and includes the joint loss by the magnitude of a detector being restricted.

[0051] Desired fixed wavelength λ_R It is specific desired value, for example, 1557.0 nm. It is specified that the ratio of $T_1 R/T_1 M$ and $T_2 R/T_2 M$ is set to one half to primary approximation. Moreover, the fixed point SR Since the inclination which can be set affects the gain of a loop formation, it is important. Generally, a steep inclination is required. $\lambda_2 - \lambda_1$ T_1 T_2 The adjustable range which may be compared is expressed. Evaluation of the S/N ratio to the detector property which evaluation of absolute power is possible and was so given by $T_1 M$ and $T_2 M$ is attained.

[0052] This equipment is tilt-angle θ_X shown, the tilt angle θ , for example, drawing 5, of a filter element. Wavelength adjustment can be performed now by changing. Here, the filter element, i.e., an etalon, is being fixed to the mobile mount which has four degrees of freedom including include-angle adjustment. In the testing device, the lens is also movable in the three directions. The component containing that filter and lens is once appropriately fixed using a thin adhesive layer, when it doubles with the target wavelength of specification [this equipment].

[0053] That wavelength adjustment can be performed in a module adjustment phase has an advantage superior to the wavelength control unit based on a well-known grid.

[0054] Furthermore, since the permeability of the Fabry Perot filter is characterized according to a series of transparency peaks of regular wavelength spacing, the point stabilized to coincidence at intervals of 4nm is attained to two or more predetermined wavelength. Two or more of the predetermined wavelength is decided by wavelength spacing of two or more transparency peaks which show the description of the Fabry Perot filter.

[0055] Therefore, it is the control loop which answers the difference signal based on two detectors which the minimum indispensable component approached with the filter (etalon) with the narrow bandwidth to penetrate, separated as a wavelength discrimination means, and have been arranged, the photodetector which makes a desirable equivalent pair, and the photodetector of the pair. A Fabry-Perot etalon is needed for offering the description with a suitable wavelength selection filter element.

[0056] For example, the light source may be the cleavage or the inclined termination of the front end side of semiconductor laser, such as a DFB laser, or a single mode fiber. Emission of an emitter is controlled by the lens if needed to be shown in drawing 1. The lens may be a certain suitable aspheric lens, the cylinder lens, spherical lens, or distribution refractive-index lens made from glass or plastics. If spot size is more large, a filter will become a near configuration with a request configuration, and will more often transmit power to a detector. Or when emission of an emitter fully satisfies these demands, with this equipment, a lens becomes unnecessary. Collimation light is unnecessary and has possibility of reducing the number of components, and the scale of equipment.

[0057] In the equipment mentioned above, since the configuration of equipment is small and simple, it is possible to contain in the standard package for laser transmitters with the source of laser. This is [as opposed to / especially / integrating with the existing system] excellent. Also in the case of the external unit to the source of laser, it may be obtained, but since a dependency is in a polarization condition in joining together to an external unit, some of advantages acquired by the same configuration have desirable coupler or fiber holding a polarization condition.

[0058] Therefore, the simple and small wavelength monitor and control equipment to the laser emitter which comes to have the wavelength selection transparency filter element of the narrow-band width of face which is emitted from the source of laser and penetrates a non-collimating light which faces to two photodetectors which approached, and have been left and arranged, for example, a Fabry-Perot etalon, is offered. In order to stabilize wavelength, the output from which two photodetectors generated by change of the transparency reinforcement of the filter element accompanying change of wavelength differ is used in the feedback loop for making desired target wavelength stabilize the wavelength of the source of laser.

[0059] By changing the tilt angle of the Fabry-Perot etalon to the source of laser, it is also possible to adjust wavelength. Since this system can be contained together in the same package as a laser emitter small, it can solve association, magnitude, and the problem common to an external unit for the conventional semiconductor laser wavelength control called power disappearance.

[0060] As mentioned above, although the specific operation gestalt was explained to the detail, it cannot be overemphasized that it can change variously within limits which this invention is not limited to this and indicated to the claim.

[0061]

[Effect of the Invention] As mentioned above, if it is in the wavelength monitor and control equipment for wavelength division multiplex lightwave transmission systems concerning this invention as explained, since it can contain together in the same package as a laser emitter small, association, magnitude, and the problem common to an external unit for the conventional semiconductor laser wavelength control called power disappearance are solvable.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-79723

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月24日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J	14/00		H 0 4 B 9/00	E
	14/02		H 0 1 S 3/133	
H 0 1 S	3/133		H 0 4 B 9/00	K
H 0 4 B	10/08			S
	10/14			

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-186204
 (22) 出願日 平成9年(1997) 7月11日
 (31) 優先権主張番号 08/680 284
 (32) 優先日 1996年7月11日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390023157
 ノーザン・テレコム・リミテッド
 NORTHERN TELECOM L I
 M I T E D
 カナダ国, エイチ2ワイ 3ワイ4, ケベ
 ック, モントリオール, エステイ. アント
 イン ストリート ウェスト 380 ワー
 ルド トレード センタ オブ モントリ
 オール 8フロア
 (74) 代理人 弁理士 酒井 宏明

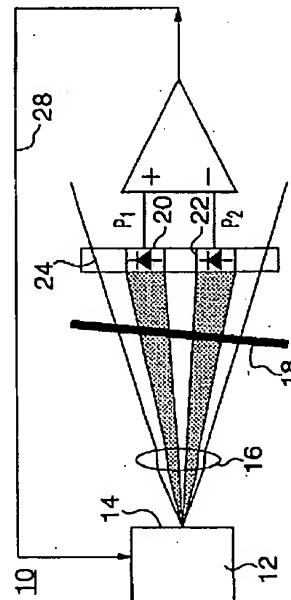
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置

(57) 【要約】

【課題】 小型の波長監視制御装置、好ましくは小型の半導体レーザパッケージ内に集積可能であるとともに、WDM光伝送システムに適用可能な波長監視制御装置を提供すること。

【解決手段】 レーザ放出発散源12から放出された非コリメート光は、フィルタ素子18を透過して、2つの近接して離れた光検出器20、22上へ向けられる。波長安定化のために、2つの光検出器20、22の異なる出力が、レーザ放出発散源12の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。ファブリー・ペロエタロンの波長透過率が入射ビームの入射角度に依存することによって、放出発散源12から放出された種々の波長は、2つの光検出器20、22に対して異なる透過損失に変換され、そのため波長変化は異なるパワー変化として検出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発散するレーザ光の放出源を備えた光システムに対する波長監視制御装置であって、
該装置は、

互いに所定距離だけ離れ、かつ前記放出源から所定距離の所に配設された第1および第2の光検出器と、
前記放出源と前記検出器との間に配設され、かつフィルタの波長透過率の角依存性を提供するために前記放出源の光軸に対して角度 θ で傾斜されたファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子と、
前記放出源の波長変化に対応して、同放出源の制御手段に、前記第1および第2の光検出器に基づいて生成された差信号をフィードバックするための制御ループと、
を具備することを特徴とする波長監視制御装置。

【請求項2】 前記放出源と前記透過フィルタ素子との間に、前記レーザ放出源の発散を制御するためのレンズを具備することを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項3】 前記レーザ放出源はパッケージ内に収納された半導体レーザでできている、また前記波長監視装置は前記パッケージと同一のパッケージ内に収納されていて、集積化された装置となっていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項4】 前記レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項5】 前記レーザ光源は、劈開されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項6】 前記レーザ光源は、端面が傾斜されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項7】 前記放出源に対するエタロンの傾斜角度 θ は、波長制御を行うために調整可能になっていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項8】 前記光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項9】 前記2つの光検出器のそれぞれの利得は、独立して調整可能であり、それら2つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択可能になっていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項10】 ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔により決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成され得ようになっていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項11】 レーザ放出源の波長を安定化するための波長監視制御装置であって、

該装置は、

パッケージと、

所定の直径および隔離距離を有し、かつ発散する前記レーザ放出源から所定距離の所で同一平面上に配設された第1および第2の光検出器と、

前記放出源と前記検出器対との間に、前記放出源の光軸に対して角度 θ で傾斜して配設され、それによってフィルタの透過強度が波長に依存して前記レーザ放出源の所望の波長に集中するファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタと、

レーザ放出源の波長を制御するフィードバックループを介して信号を供給するために、前記第1および第2の光検出器に基づいて、前記波長選択フィルタによって透過された波長の変化に依存する差信号を生成する手段と、
を具備し、

前記第1および第2の光検出器と前記波長選択透過フィルタと前記差信号生成手段は、前記パッケージ内に集積されていることを特徴とする波長監視制御装置。

【請求項12】 前記フィルタは、ファブリー・ペロエタロンでできている、該エタロンの前記放出源に対する傾斜角度 θ は、所定波長に調整するために、調整可能になっていることを特徴とする請求項1に記載の波長監視制御装置。

【請求項13】 前記レーザ放出源の発散を制御するためのレンズを具備することを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項14】 前記レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面で構成されていることを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項15】 前記レーザ光源は、劈開されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項16】 前記レーザ光源は、端面が傾斜されたシングルモードファイバーを含むことを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項17】 前記光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであることを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項18】 前記2つの光検出器のそれぞれの利得は、独立して調整可能であり、それら2つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択可能になっていることを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【請求項19】 ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔により決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成され得ようになっていることを特徴とする請求項11に記載の波長監視制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ源の波長を安定化するための制御信号を供給する波長監視装置、およびそれを適用してなる波長分割多重光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバー通信システムは、低損失で非常に大容量の情報を搬送する能力を有している。実際に、光ファイバーの帯域幅は、異なる搬送波長を利用することによって、たくさんの異なるチャネルを同時に伝送するようにして利用され得る。そのような技術は、波長分割多重（以下、WDMと略記する）と呼ばれる。帯域が狭いWDMシステムでは、ファイバー伝送容量を増やすために、8、16またはそれ以上の近接した互いに異なる波長が間隔をあけて使用される。

【0003】個々のチャネルが占める波長帯域幅は、伝送情報の帯域幅、および搬送周波数のドリフトや搬送周波数の不確かさに応ずるためのマージンや、非理想的すなわち実際のフィルターが原因で生じるチャネル間でのクロストーク（漏話）を極力低減するためのマージンを含む要因の数に依存している。

【0004】チャネル数を最大化するためには、波長間隔の狭いたくさんの波長を用いる必要があり、そのためには、発振波長が安定したレーザと適切な波長制御が必要である。

【0005】分布帰還型（DFB）半導体レーザ等の幾つかのレーザ源は、時間の経過とともに、狭帯域WDMに対する許容範囲を超える波長ドリフトを示す。そのデバイスの波長は、連続的な出力状態において劣化して変化しがちである。遠隔通信システムでは、25年のオーダーの寿命が期待されるため、その寿命に至るまで近接したチャネル間のクロストークを最小限に抑制するためには、レーザ送信機に波長制御手段を付加する必要がある。

【0006】単一波長による光通信システムは、工業的に広く使用されている。理想的には、システム設計者は、既存のシステムの設計変更を最小限に止めるとともに、WDMシステムの開発において既存のパッケージを流用しようとする。

【0007】典型的に、公知のレーザ波長監視安定化システムは、レーザ源の標準パッケージ（送信機）に外付けするユニットとなっている。半導体レーザの波長の監視および制御を行うために商業的に利用可能なシステムは、結晶格子に基づく装置である。例えば、Accuwaveにより作製され、かつその製造に関する文献に記載された公知のシステムでは、波長固定ユニットが用いられている。その波長固定ユニットは、2つのブラッグ格子が形成され、当該装置に結合されたレーザ源から出射されたコリメート光により照射されるようにされたニオブ酸リチウム結晶と、2つの光検出器を有している。

【0008】各ブラッグ格子は、入力ビームに対してブ

ラッグ波長および角度がわずかに異なっている。その格子で反射された出力は、2つの検出器に向かい、その異なる出力を用いて、レーザに対するフィードバック制御が行われる。制御ループを用いたことにより、10pmよりも優れた波長安定性が得られる可能性がある。しかしながら、その波長固定ユニットは送信機から分離されたユニットを使用しているため、レーザまたは光源に外部で接続する必要がある。さらに、その波長固定ユニットは、格子パラメータにより特性が決まるので、特定の波長用に設計される。つまり、波長が異なれば、異なるユニットが必要となる。

【0009】公知の波長監視制御装置の別のタイプは、ファイバー格子に基づくものである。例えば、1996年3月4日付けでEpworthらにより出願された英国特許出願第96/00478号は、半導体レーザの、反射防止コートされた表面に端面接合された光ファイバー内のブラッグ反射部によって、外部反射が起こるようにされた外部共振器型レーザに関する提案である。

【0010】格子は、レーザから十分に離れて配置されるので、縦モードが極めて近接した間隔となり、モード分配雑音を無視し得るほどの多くのモードよりなるマルチモードでレーザが動作するようになる。1995年9月26日付けでEpworthらにより出願された英国特許出願第95/19614.3号は、均一化およびレーザの発振周波数の安定化に対してチャーピングされたファイバー格子を用いる提案である。

【0011】ファイバー格子装置の作製は、複雑である。上述した結晶格子と同様に、ファイバー格子は、送信機の特定の波長に一致するように作製される。それゆえ、装置は、特定の波長用となる。

【0012】別の半導体レーザの安定化システムが、Malyonによる、一対の同等のフォトダイオードおよび2つのビームスプリッタを用いた米国特許第4309671号に説明されている。第1のビームスプリッタおよび第1のフォトダイオードは出力パワーを監視し、第2のビームスプリッタ、周波数依存フィルタおよび第2のフォトダイオードは波長変化を監視するのに使用される。同等のフォトダイオードの出力は、増幅器を介して差動増幅器へ送られ、その差動増幅器の出力が、レーザの動作を制御する増幅器へ負帰還されて供給される。

【0013】他の公知のシステムは、ファブリー・ペロエタロンのようなフィルタ素子に基づいている。例えば、Beckerらによる米国特許第5331651号は、レーザ出力の粗調整を行うための格子とともに、微調整を行うためにファブリー・ペロエタロンを使用することを提案している。

【0014】Edaらによる米国特許第5438579号に説明されたシステムでは、半導体レーザのピークに固定するのに使用される信号を生成する単一の光検出器とともに、ファブリー・ペロエタロンが使用されてお

り、コリメートビームを必要としている。Hilliは、米国特許第4839614号において、ファブリー・ペロエタロンのようなフィルタ素子および対応する数の検出器を用いて、参照光に対して、複数の光源から放出された光の周波数を参照するシステムについて説明している。

【0015】レーザの発振波長の安定化に対する別のシステムが、種々の波長のレーザの出力を分光処理するとともに、画像処理装置を用いて空間的な分布を測定し、しかる後、その分布を固定波長の参照光源の分布に対して比較するようにした、Nakataniらによる米国特許第4914662号に説明されている。ここで用いられる画像処理装置は複雑であり、安価で小型の装置には向かない。

【0016】特願平4-157780号は、半導体レーザ用の周波数安定化装置に関する発明であり、その発明は、外部の変調手段を用いておらず、そしてレーザ源が付随する傾斜したファブリー・ペロエタロンと、送信信号と反射信号をそれぞれ検出する2つの光検出器を用いている。それら2つの検出器の出力の差分より、発振周波数を制御する信号が得られる。調整のために傾斜角が可変になっているエタロンの傾きを変えることによって、共振器の長さが変わる。

【0017】このシステムを最小限の大きさで実施するには、比較的大きな傾斜角でファブリー・ペロエタロンを用いる必要があるが、そうすると中心波長および帯域幅の点で安定性が低くなってしまう。他方、ファブリー・ペロエタロンの傾斜角を小さくすると、特願平4-157780号の明細書に添付された図面の図1Bに示されているように、他の構成要素を付加する必要があり、大きくなってしまふ。また、異なる応答および経時劣化の特性を有する独立した検出器が用いられる。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、種々の既存の波長安定化システムは、結晶格子、ファイバー格子またはエタロンに基づく装置を用いている。格子を用いた装置は、波長の制御性が十分でなく、かつ多くのシステムは、レーザ源のパッケージに対して比較的大きな外部制御ユニットを用いており、電力消費と大きさの両方の点で問題がある。一方、エタロンを用いたシステムは、波長制御性がよいが、公知の形態はいずれも十分に小さくないため、設計変更することなく周知の標準パッケージに取り付けることはできない。

【0019】本発明は、小型の波長監視制御装置、好ましくは小型の半導体レーザパッケージ内に集積可能であるとともに、WDM光伝送システムに適用可能な波長監視制御装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の1つによれば、発散するレーザ光の放出源を備えた光システムに対する

波長監視制御装置であって、互いに所定距離だけ離れ、かつ前記放出源から所定距離の所に配設された第1および第2の光検出器と、前記放出源と前記検出器との間に配設され、かつフィルタの波長透過率の角依存性を提供するために前記放出源の光軸に対して角度 θ で傾斜されたファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子と、前記放出源の波長変化に対応して、同放出源の制御手段に、前記第1および第2の光検出器に基づいて生成された差信号をフィードバックするための制御ループとを具備する波長監視制御装置が提供される。

【0021】従って、簡素で小型のレーザ放出源用波長監視制御装置が提供される。光検出器は、傾斜された透過帯域幅の狭いフィルタを介して、わずかに発散するビームでもって照射される。従って、レーザ放出源の種々の波長は、2つの光検出器において、異なる光電流の変化に変換される。入力ビームの波長は、相対的な応答により監視される。2つの検出器の異なる出力信号は、放出源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。つまり、レーザ（送信機）へ送り戻される信号を介して、例えば活性領域の温度変化すなわち電流変化によって、波長のドリフトを正すようになっている。

【0022】この装置は、波長の安定化用の制御信号を供給するために、正確な光学的な波長監視を行うことを可能とし、例えばWDM光通信システムに使用される際に、レーザの波長を、クロストークを低減するのに必要な限られた範囲内に維持することができる。また、差信号により、出力パワーの変動が抑制されるという利点がある。

【0023】透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタ素子は、ファブリー・ペロ構造であることが要求される。好ましくは、光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードであるとよい。ファブリー・ペロエタロンの波長透過率が入射ビームの入射角度に依存することによって、放出源から放出された種々の波長は、透過損失に変換され、そして波長変化はパワー変化として検出される。従って、このデバイスは、検出器が光エネルギーを、光源を制御するためのフィードバックループに供給される電流に変換する光波長弁別器として機能する。波長を安定化するために、2つの光検出器の異なる出力が、レーザ源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループに使用される。

【0024】利点として、所定波長の調整を行うために、フィルタの傾斜角は調整可能になっている。波長選択フィルタ素子がファブリー・ペロエタロンであり、その透過特性が入射ビームに対するエタロンの角度に依存するので、この装置は、エタロンの角度を調整することによって、波長の調整を行うようになっている。また、複数の波長に対して、例えば4nm間隔の、エタロンの

複数の透過ピークを用いることができる。すなわち、ファブリー・ペロフィルタを特徴づける複数の透過ピークの波長間隔によって決まる複数の所定波長に対して、同時に安定化する点が達成される。

【0025】この装置は、波長を安定化するためのファイバー格子システムの作製と比較して、その作製が容易である。この方法は、ジッタのない弁別方法を提供するとともに、周波数変調および復調のステップを不要とする。

【0026】都合のよいことには、光検出器は、同等の対をなすフォトダイオードである。2つの光検出器のそれぞれの利得が独立して調整可能である場合には、それら2つの光検出器に対して等しくない利得を設定することにより、所定波長が選択され得る。

【0027】加えて、レーザ放出源の発散を制御するために、放出源と透過フィルタ素子との間にレンズが設けられている。ビームの発散は、性能およびパワーの検出を最適化するために、制御される。スポットサイズがより大きければ、より効率よくパワーが伝達するために、より理想的なフィルタ形状となり、好ましい。

【0028】レーザ放出源は、半導体レーザの出力端面であってもよいし、あるいは、劈開もしくは端面が傾斜されたシングルモードファイバーであってもよい。

【0029】都合のよいことには、レーザ放出源が、パッケージ内に収納された半導体レーザでできている場合には、波長監視装置は前記パッケージと同一のパッケージ内に収納されていて、集積化された装置となっている。この装置を外部の関連装置として用いることも可能であるが、偏光依存性を回避するために、理想的には、偏光状態を保持するファイバーまたはカブラーが必要となる。

【0030】従って、本発明の他の1つによれば、レーザ放出源の波長を安定化するための波長監視制御装置であって、パッケージと、そのパッケージ内に集積される、所定の直径および隔離距離を有し、かつ発散する前記レーザ放出源から所定距離の所で同一平面上に配設された第1および第2の光検出器と、前記放出源と前記検出器対との間に、前記放出源の光軸に対して角度 θ で傾斜して配設され、それによってフィルタの透過強度が波長に依存して前記レーザ放出源の所望の波長に集中するファブリー・ペロ構造の透過帯域幅の狭い波長選択透過フィルタと、レーザ放出源の波長を制御するフィードバックループを介して信号を供給するために、前記第1および第2の光検出器に基づいて、前記波長選択フィルタによって透過された波長の変化に依存する差信号を生成する手段とを具備する波長監視制御装置が提供される。

【0031】監視装置が簡素で小型であるため、既存の送信機モジュール、すなわち標準レーザパッケージ内のレーザ源と一緒に、この装置が共通のパッケージ内に収

納されるという重大な利点がある。このことは、既存の送信機モジュールを、単一波長の伝送システムに対して使用されるように、WDM用の付加的な構成要素として、新たなスペースを必要とせず、かつ既存システムの設計変更を最小限に抑えつつ、使用するために適用するのに極めて有効である。

【0032】WDMシステムに対して要求される寿命を満たすために、この装置の長期間の信頼性が期待される。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置に係る実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0034】図1には、本発明の第1実施形態による波長監視装置10の一部が示されている。その波長監視装置は、レーザ放出発散源12、すなわち図に示すように、DFBレーザの半導体レーザ端面14またはシングルモードファイバー(SMF)の出力端面を備えている。光学レンズ16は、レーザ源の出力光の発散を制御するためのものであり、そのレンズを介して、レーザ源の出力光は、狭い帯域を通過させる波長選択透過フィルタ素子18へ向けさせられる。

【0035】そのフィルタ素子は、好ましくは、対向する一対の高反射層の間にスペーサ層が挟まれてなる構造のファブリー・ペロ(以下、FPと略記する)共振器であるとよい。その共振器は、例えば、ガラス基板上に絶縁性の鏡/スペーサ/鏡の構造が堆積されてなる多層膜の単一共振器フィルタタイプとして構成されている。あるいは、ガラス製のスペーサ板の両面に鏡が堆積されてなるソリッドエタロンタイプが使用される。

【0036】フィルタ素子18を透過した発散光は、特定の直径を有し、かつ所定距離だけ離されて同一平面上に配置されてなる同様構成の第1光検出器(P_1)20および第2光検出器(P_2)22へ向けられる。それら光検出器(P_1 , P_2)20, 22は、図1に概略的に示すように、FPエタロンから所定距離だけ離れた共通支持体24に固定されている。

【0037】光源の波長は、FPフィルタを透過するビーム量を決めるので、各検出器20, 22で受光される信号は、光源から放出される光の波長に依存している。従って、ファブリー・ペロエタロンの波長透過率の依存性によって、光源から放出された種々の波長の光の透過強度が変わり、波長の変化は2つの光検出器によりパワー変化として検出される。2つの光検出器から出力された信号は、差動増幅器26において、レーザ源の出力波長を制御するためのフィードバックループ28へ供給される差信号を生成するのに用いられる。

【0038】両光検出器によって検出された伝送強度が所定の選択波長で同じであるようにされていることによって、その所定の波長すなわち固定波長で差信号がゼロ

なるようにセットされる。固定波長は、等価安定状態 (with equivalent stability) でもって、光検出器 P_1 、 P_2 に対する等しくない利得を用いて異なる値に対してセットされ得る。レーザ源の波長が変化した場合、2つの光検出器により生成された差信号、すなわちエラー信号は、波長に依存し、光源の波長監視に用いられる。それゆえ、このデバイスは、光検出器が光エネルギーを、レーザ源を制御するためのフィードバックループに供給される電流に変換する光波長弁別器として機能する。

【0039】図2および図3には、透過曲線および2つの検出器により生成される差信号の概略がそれぞれ示されている。図2は、2つの検出器の伝送強度の曲線を表しており、 T は光源から検出器までの伝送強度であり、 T_1 および T_2 は、波長 λ_1 および λ_2 の時に最大伝送強度 T_{1n} 、 T_{2n} となる個々の検出器 P_1 および P_2 に対する伝送曲線を表している。図3は、2つの検出器の各伝送強度に基づく差信号を表している。所望の固定波長にて、固定点 λ_R における差信号の傾き S_R は、次式のように表される。

$$【0040】 S_R = \Delta (T_1 - T_2) / \Delta \lambda$$

【0041】そして、例えば2つの光検出器の等しくない利得を用いて制御を行う場合に、 λ_1 と λ_2 との間の線形に近似される領域が制御の有効範囲となる。

【0042】図4には、シングルモードファイバー等の発散光放出源、レンズ、フィルタおよび対をなす光検出器を有する装置に対する座標および幾つかの関係のある形状のパラメータが示されている。図5には、DFBレーザの波長安定化に対して設定された装置および試験装置の一例の概略が、制御ループを含めて示されている。

【0043】図5において、波長安定化装置は、レンズ116、FPエタロン118および一對のPINダイオード120、122を備えており、DFBレーザ源112とともに、標準の14ピンパッケージ等の単一のパッケージ128内に収納されている。同等のダイオード対120、122は、同一平面上に位置し、共通支持体124上に互いに近接して載置されている。2つのダイオードから出力された信号は、レーザの出力波長を制御するためのレーザコントローラにフィードバックされる差信号を生成するために、差動増幅器130へ送られる。

【0044】図5に示された他の構成要素は、最適な構成のプロトタイプを設計するのに使用される試験装置を含んでいる。好ましくは、レンズ116用の取付台117およびFPエタロン118用の取付台119は、調整可能となっている。FPエタロンの傾斜角 θ_x を変えることによって、以下に説明するように、目標とする波長の調整を行うことができる。

【0045】図4に示すように、発散源13は、一般に、楕円状 (レーザの場合) または円形状 (シングルモードファイバーの場合) のガウスパターンを有してい

る。

【0046】ファブリー・ペロエタロンは、厚さ t 、屈折率 n 、エネルギー反射率 R 、内部透過率 A 、FPの設計および要求される固定波長 λ_R の選択により決まる、 x 軸に対する傾斜角 θ_{xFP} 、並びに 0° となるように適宜選択される、 y 軸に対する傾斜角 θ_{yFP} のパラメータを有している。2つの検出器は、適宜に選択されてなる、名目上の y 軸の $y_{01} = 0$ および $y_{02} = 0$ の位置にある。

【0047】他の寸法等のパラメータは、これらのパラメータおよび所望の仕様、すなわち必要とされる伝送曲線にしたがって選択される。

【0048】これらのパラメータは、レンズの焦点距離 f 、 z 軸方向の位置 S_1 、 x 軸に対するレンズの傾斜角 θ_{xL} 、 y 軸に対するレンズの傾斜角 θ_{yL} 、エタロンの z 軸上の位置 z_{FP} 、並びに検出器が円形状の場合には、光検出器の半径 r 、それらの z 軸上の位置 z_0 、および x 軸上の位置 x_{01} 、 x_{02} を含んでいる。

【0049】各検出器の直径はそれぞれ d_1 、 d_2 であり、その対をなす検出器は、同一平面上に位置し、かつそれらの中心同士は距離 D だけ離されており、光源から距離 l のところに配置されている。FPフィルタは、2つの検出器の平面に対する法線から θ の角度で傾斜している。

【0050】この装置の特性に影響を及ぼす要因には、FPエタロンの x 軸および y 軸における傾斜角、FPの温度による屈折率の変化、検出器の x 軸および y 軸とのずれ量、レンズの位置および傾き、並びに検出器の z 軸方向の位置が含まれる。 T は、光源から検出器までの伝送強度であり、検出器の大きさが制限されていることによる結合損失を含んでいる。

【0051】所望の固定波長 λ_R は、特定の目標値、例えば1557.0nmである。 T_{1R}/T_{1n} および T_{2R}/T_{2n} の比は、1次近似に対して $1/2$ となるように指定される。また、固定点 S_R における傾きは、ループの利得に影響を与えるため、重要である。一般には、急峻な傾きが要求される。 $\lambda_2 - \lambda_1$ は、 T_1 と T_2 が比較され得る調整範囲を表している。 T_{1n} と T_{2n} により、絶対的なパワーの評価が可能であり、それゆえ、与えられた検出器特性に対する S/N 比の評価が可能となる。

【0052】この装置は、フィルタ素子の傾斜角 θ 、例えば図5に示す傾斜角 θ_x を変えることによって、波長調整を行うことができるようになっている。ここで、フィルタ素子、すなわちエタロンは、角度調整を含む4つの自由度を有する可動性の取付台に固定されている。試験装置においては、レンズも3方向に移動可能になっている。そのフィルタおよびレンズを含む構成要素は、一旦、この装置が特定の目標波長に合わせられると、薄い粘着層を用いて適切に固定される。

【0053】モジュール調整段階で波長調整を行えるこ

とは、周知の格子に基づく波長制御装置よりも優れた利点を有する。

【0054】さらに、ファブリー・ペロフィルタの透過性は、規則的な波長間隔の一連の透過ピークにより特徴づけられるため、例えば4nm間隔で同時に安定化する点が複数の所定の波長に対して達成される。その複数の所定の波長は、ファブリー・ペロフィルタの特徴を示す複数の透過ピークの波長間隔によって決まる。

【0055】従って、波長弁別手段として最小限の必須構成要素は、透過する帯域幅が狭いフィルタ（エタロン）と、近接して離れて配置された2つの検出器、好ましくは同等の対をなす光検出器と、その一対の光検出器に基づく差信号にตอบสนองする制御ループである。ファブリー・ペロエタロンは、波長選択フィルタ素子の適切な特徴を提供するのに必要とされる。

【0056】例えば、光源は、DFBレーザ等の半導体レーザの前端面、またはシングルモードファイバーの劈開もしくは傾斜された終端であってもよい。必要に応じて、放出源の発散は、図1に示すように、レンズにより制御される。そのレンズは、ガラスもしくはプラスチック製の、何らかの適切な非球面レンズ、円筒レンズ、球面レンズまたは分布屈折率レンズであってもよい。スポットサイズがより大きければ、フィルタは所望形状により近い形状になり、検出器へパワーをよりよく伝達する。または、もし放出源の発散がこれらの要求を十分に満足する場合には、この装置では、レンズが不要となる。コリメート光は不要であり、構成要素の数および装置の規模を低減する可能性を有する。

【0057】上述した装置においては、装置の構成が小型で簡素であるため、レーザ源とともに標準のレーザ送信機用パッケージ内に収納することが可能になっている。このことは、既存のシステムと集積化することに対して特に優れている。同様な構成により得られる利点の幾つかは、レーザ源に対する外部ユニットの場合にも得られるかもしれないが、外部ユニットに対して結合する場合には、偏光状態に依存性があるため、偏光状態を保持するカプラーまたはファイバーが好ましい。

【0058】従って、レーザ源から放出されて、近接して離れて配置された2つの光検出器へ向かう非コリメート光を透過する、狭帯域幅の波長選択透過フィルタ素子、例えばファブリー・ペロエタロンを備えてなる、レーザ放出源に対する簡素で小型な波長監視制御装置が提供される。波長を安定化するために、波長の変化に伴うフィルタ素子の透過強度の変化により生成された、2つの光検出器の異なる出力が、レーザ源の波長を所望の目標波長に安定化させるためのフィードバックループにおいて使用される。

【0059】レーザ源に対するファブリー・ペロエタロ

ンの傾斜角を変えることによって、波長の調整を行うことも可能である。このシステムは、小型であり、かつレーザ放出源と同じパッケージ内に一緒に収納可能であるため、結合、大きさおよびパワー消失といった従来の半導体レーザ波長制御用の外部ユニットに共通した問題を解決することができる。

【0060】以上、特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内で、種々変更可能であることはいうまでもない。

【0061】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明に係る波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置にあっては、小型であり、かつレーザ放出源と同じパッケージ内に一緒に収納可能であるため、結合、大きさ及びパワー消失といった従来の半導体レーザ波長制御用の外部ユニットに共通した問題を解決することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による波長監視装置の要部を示す概略図である。

【図2】2波長での信号に対するエタロンの透過曲線を表す特性図である。

【図3】第1および第2の光検出器の出力信号の差信号を表す特性図である。

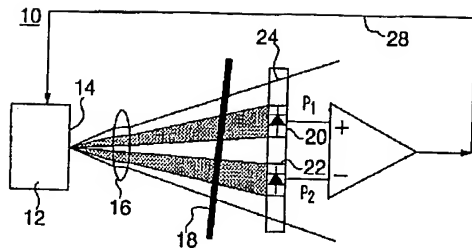
【図4】図1に示す波長監視装置と同様な構成の装置を、その装置の座標および設計寸法とともに示す要部概略図である。

【図5】本発明の第2実施形態による波長安定化装置に対する試験システムの概略図である。

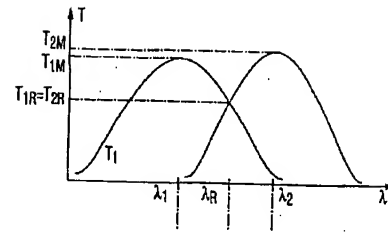
【符号の説明】

- 10 波長監視装置
- 12 レーザ放出発散源
- 13 発散源
- 14 半導体レーザ端面
- 16 光学レンズ
- 18 波長選択透過フィルタ素子
- 20 第1光検出器（P1）
- 22 第2光検出器（P2）
- 24, 124 共通支持体
- 26, 130 差動増幅器
- 28 フィードバックループ
- 112 DFBレーザ源
- 116 レンズ
- 118 FPエタロン
- 120, 122 PINダイオード
- 128 パッケージ
- 117 レンズ取付台
- 119 FPエタロン取付台

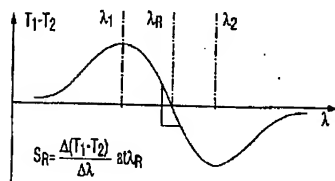
【図1】



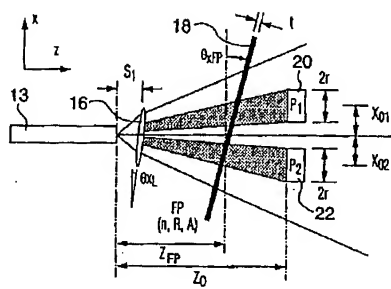
【図2】



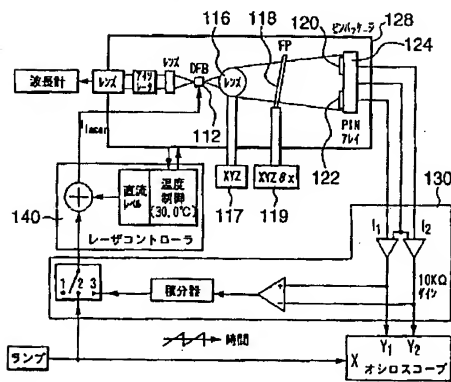
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 4 B 10/06

10/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 ベルナール ヴィルヌーブ
カナダ国, ジェイ9ジェイ 2アール8,
ケベック, エイルメール, アルベール・カ
ミュ 33

(72)発明者 ヒュング ビー・キム
カナダ国, オンタリオ, カナタ, ホルゲー
ト クレセント 2